VII.

Zur Wahrnehmung der Geräusche.

Von

Dr. Hermann Dennert

in Berlin.

Bei Gelegenheit meines Referates über den gegenwärtigen Stand der Hörprüfungen, speciell des allgemeinen Theiles desselben, auf der letzten otologischen Versammlung in Nürnberg, habe ich bei Besprechung der Geräuschfrage auch meinen Standpunkt in dieser Frage zum Ausdruck gebracht, und möchte ich hier noch auf ein paar Punkte etwas näher eingehen, wie es in einem Referate möglich ist, und einen experimentellen Beitrag hinzufügen.

Die Frage nach der physikalischen Würdigung der Geräusche und dem Orte ihrer Analyse im Gehörorgane hat ein grosses physiologisches wie praktisches Interesse. Es handelt sich um die Entscheidung der Frage, ob Geräusche und Klänge physikalisch principiell verschiedene Schallarten seien, und ob es bei Individuen mit einer Schnecke ausserdem noch eines besonderen Nervenendapparates für die Wahrnehmung der Geräusche bedürfe. Die stricte Entscheidung dieser Frage nach der einen oder der anderen Seite hat darum ein so grosses praktisches Interesse, besonders auch für den Zweck der Hörprüfungen, weil sich der Modus der Hörprüfungen in einem Falle wesentlich vereinfacht, im anderen wesentlich complicirt, und es ist leicht einzusehen, dass auch die Sprache, über deren Zweckmässigkeit als Hörprüfungsmittel wohl alle Ohrenärzte einig sind, eine grössere Bedeutung als Hörprüfungsmittel gewinnt, wenn die physikalische Deutung der Consonanten, ob Töne, ob Geräusche, in einem oder dem anderen Sinne entschieden ist.

Eine ganz befriedigende Lösung der auf diesem Gebiete bestehenden Controversen ist weder von Seiten der Physiologen, noch der Ohrenärzte erzielt worden.

Hensen¹⁾ und Brown-Séguard²⁾ sprechen sich ganz entschieden dagegen aus, den Vorhof-Bogenapparat nicht als akustisches Sinnesorgan zu deuten, und genügen nach Ersterem schon Bruchtheile einer Schallwelle, um eine Gehörs wahrnehmung zu erregen, eine Anforderung, die an ein Organ, welches zur Wahrnehmung der Geräusche bestimmt sei, nicht gestellt werden könne. Auf der anderen Seite vertreten Exner³⁾, Brücke⁴⁾ denen sich zum Theil auch Helmholtz angeschlossen hat, und eine Reihe anderer namhafter Physiologen den Standpunkt, dass Geräusche und Klänge physikalisch nicht differente Schalle seien, und dass es ausser dem Nervenendapparate für die Klanganalyse nicht noch eines besonderen Nervenendapparates für die Auslösung der Geräusche bedürfe.

Von Ohrenärzten ist unter anderen Barth⁵⁾ dieser Frage näher getreten, der dieselbe vom rein physikalischen Standpunkte aus, ohne Rücksicht auf die betreffenden Theile im Gehörorgane zu nehmen, zu lösen sucht. Er gelangt ebenfalls zu dem Schlusse, dass ein Unterschied in der Wellenbildung und Wellenbewegung zwischen Tönen und Geräuschen nicht bestehe, und dass zur Wahrnehmung sowohl der subjectiven wie der objectiven Geräusche ein besonderer Nervenendapparat nicht erforderlich sei. Entgegen der Ansicht von Töpler, Brücke und Exner, dass durch den elektrischen Funken, Verpuffen von mit Wasserstoff und atmosphärischer Luft gefüllten Seifenblasen und gut geführte Klatscher mit den Händen in der Regel nur eine Zacke, also der Effect nur einer Welle hervorgebracht werde, spricht sich Barth, besonders gestützt auf seinen Versuch mit einem in ruhiges Wasser fallenden Tropfen dahin aus, dass durch einen einmaligen Anstoss nicht eine, sondern mehrere Wellen entstehen.

Ich habe mich mit dieser Frage ebenfalls beschäftigt⁶⁾ und dieselbe nach zwei Richtungen hin in Angriff genommen. Einmal studirte ich mit Hülfe des König'schen Apparates die Schallbewegungen der Geräusche am Flammenbilde eines rotirenden

1) Dieses Archiv. Bd. XXIII. 3 u. 4.

2) Archiv. de Physiol. normal. et pathol. 1892. XXIV. 2. p. 366.

3) Pflüger's Archiv f. d. gesammte Physiol. 1876. Bd. XIII.

4) Zur Wahrnehmung der Geräusche. Vorgelegt in d. Kaiserl. Akademie d. Wissensch. in d. Sitzung am 9. October 1889.

5) Zur Lehre von den Tönen und Geräuschen. Zeitschr. f. Ohrenheilk. Bd. XVII. Heft 1 u. 2.

6) Akustisch-physiologische Untersuchungen und Studien, verwerthet für die praktische Ohrenheilkunde. Dieses Archiv. Bd. XXIX.

Spiegels und war andererseits auch im Stande, eine Reihe von Schallbewegungen, die wir als Geräusche zu bezeichnen pflegen, durch periodische Bewegungen allein zu erzeugen, indem ich zu dem Behufe die periodischen Bewegungen verschiedener Schallquellen mit einander combinirte und zugleich auch die Interferenzerscheinungen des Schalles zu diesem Zwecke verwerthete. Schon diese Untersuchungen haben mich ebenfalls zu dem Schlussergebniss geführt, dass ein einmaliger Anstoss nicht eine, sondern mehrere Wellen erzeuge, dass vom streng physikalischen Standpunkte aus kein principieller Unterschied zwischen Klängen und Geräuschen bestehe, und dass es somit auch zur Wahrnehmung von Klängen und Geräuschen nicht verschiedener Nervenendapparate bedürfe.

Ich habe nun diese Frage noch von einem anderen Gesichtspunkte aus in Angriff genommen, indem ich an die häufig von Ohrenärzten beobachtete Thatsache anknüpfte, dass Personen mit stark herabgesetztem Hörvermögen bisweilen noch einzelne Geräusche, z. B. Ticken, Knipsen, Klopfen u. s. w., relativ gut hören, eine Beobachtung, die auch häufig für die Nothwendigkeit eines besonderen Geräuschapparates ins Feld geführt worden ist. Obgleich diese Thatsache sehr bekannt ist, so hat sie doch meiner Meinung nach noch nicht allgemein die physiologische wie praktische Würdigung gefunden, die sie verdient.

Ich habe nun auch diese Wahrnehmung häufig bei Ohrenkranken machen können und eine Erklärung hierfür einmal gefunden in dem relativ verschiedenen Ergriffensein der Theile des Gehörorgans, welche die Perception hoher und tiefer Töne vermitteln. Jenachdem hohe Töne relativ besser gehört werden als tiefe, oder umgekehrt, können auch hohe oder tiefe Geräusche noch relativ gut gehört werden, während das Hörvermögen in toto herabgesetzt ist. Man kann nun dieses auch für einen Schall, den wir als Geräusch zu bezeichnen pflegen, das Knipsen z. B., direct beweisen, wenn man die gleich zu erwähnende Tonquelle zur Erregung continuirlich an Höhe zunehmender Töne benutzt. Nimmt man nämlich ein dünnes, schmales Holzstäbchen mit dem einen Ende fest zwischen die Zähne und versetzt dasselbe durch einen am anderen Ende momentan ausgeübten Druck in Schwingung, so hört man einen kurzen Ton, dessen Höhe von der Länge des diesseits der Zähne befindlichen Theiles des Stäbchens abhängig ist. Wenn man nun continuirlich den letzteren in der

Weise verkürzt, dass man das Stäbchen immer tiefer in die Mundhöhle hineinschiebt und von Neuem in Schwingung versetzt, so nimmt der Ton continuirlich an Höhe zu. Im Laufe des Versuches bekommt der in dieser Weise erzeugte Schall grosse Aehnlichkeit mit dem Ticken einer Taschenuhr, und ist man auch leicht im Stande, die Höhe des Tickens der Uhr danach zu bestimmen. Zum Schlusse, wenn sich nur noch ein sehr kleiner Theil des Stäbchens diesseits der Zähne befindet, wird keine Zunahme der Tonhöhe wahrgenommen, und man hört statt dessen nur ein kurzes, knipsendes Geräusch, wie bei dem Knipsen mit den Fingernägeln. Von jetzt ab bleibt auch bei weiteren Verkürzungen die Schallwahrnehmung die gleiche, dasselbe kurze, knipsende Geräusch. Je nach der physiologischen Beschaffenheit des Gehörorgans, jenachdem pathologische Veränderungen desselben bestehen, kommt dieses letzte Verhalten bei dem einen früher, bei dem anderen später zur Beobachtung.

Man kann nun auch dieselbe Beobachtung in der Luftleitung allein machen, wenn man zu diesem Behufe das Stäbchen, anstatt zwischen die Zähne zu nehmen, in anderer Weise befestigt, z. B. in einen Schraubstock einklemmt, und das Ohr ganz in die Nähe des in Schwingung versetzten Stäbchens bringt. Aber sie ist in diesem Falle nicht entfernt so überzeugend und prägnant, wie bei der ersten Anordnung, bei welcher sich der Effect der Luft- und Knochenleitung zu einander summirt.

So einfach dieser Versuch ist, so lehrreich ist derselbe. Einmal sehen wir, dass Töne und Geräusche, hier das Knipsen, durch dieselbe Tonquelle und denselben Modus der Erzeugung entstehen und continuirlich in einander übergehen. Andererseits spricht einmal dieser Umstand und namentlich auch die Beobachtung, dass die Grenze des Ueberganges des Tones in das Geräusch und umgekehrt individuell variirt, sehr überzeugend dafür, dass für beide in diesem Falle der Ort ihrer Analyse im Gehörorgane derselbe ist. Dann ist aber auch meine oben gegebene Erklärung für das eigenthümliche Verhalten Schwerhöriger, Geräuschen, speciell dem Knipsen gegenüber, direct erwiesen, weil man vollkommen sprachtaub sein und doch noch das Knipsen hören kann, da nach Wolf¹⁾ die Grenzen der Sprache bis annähernd dem c^5 hinaufreichen, und die Tonhöhe des Knipsens weit über die 6gestrichene Octave hinaufreicht, wie sich dieses

1) Sprache und Ohr. Braunschweig 1871.

leicht mit Hilfe anderer Tonquellen während des Versuches feststellen lässt.

Beiläufig will ich bei dieser Gelegenheit noch erwähnen, dass dieser Versuch auch noch für andere Zwecke recht lehrreich ist, als man sich mit Hilfe desselben sehr leicht und instructiv über die Tonhöhe verschiedener Sprachlaute des Alphabets informieren kann, und Patienten ein Mittel besitzen, selbst den Umfang ihres Hörbereiches von der Tiefe nach der Höhe zu in halben und ganzen Tönen festzustellen, was namentlich für die Hörprüfung in der Knochenleitung wichtig ist, weil es jenseits der 5 gestrichenen Octave schon schwierig ist, Tonquellen zu finden, welche sich für diesen Zweck eignen. Selbstverständlich wird man aus naheliegenden Gründen zur Prüfung der Wahrnehmung tiefer Töne längere Stäbchen, für die der mittleren und hohen Töne kurze Stäbchen wählen müssen.

Es kommen nun Fälle zur Beobachtung, in welchen die oben angegebene Erklärung für das eigenthümliche Verhalten Schwerhöriger Geräuschen gegenüber nicht ausreicht, und die weiteren Bestrebungen nach dieser Richtung führten mich dann zuerst dahin, die Wirkung kurzer Schallreize zu studiren, wodurch ich schliesslich auf den Standpunkt gelangte, ganz allgemein in der Berücksichtigung des Schallquantums überhaupt ein wesentliches Moment zur Lösung physiologischer, wie praktischer Fragen, speciell auch der Geräuschfrage, zu sehen.

Ich habe schon bei früheren Gelegenheiten¹⁾, z. B. zum Zwecke der objectiven Hörprüfung mit Stimmgabeln, betont, dass die Wirkungsfähigkeit einer einfachen Wellenbewegung auf das Gehörorgan nicht allein abhängig ist von ihrer objectiven Intensität oder ihrer lebendigen Kraft, die dem Quadrat der Amplitude und der Schwingungszahl proportional ist, sondern auch von der grösseren oder kleineren Anzahl von Wellen, die in einer bestimmten Zeiteinheit zur Wirkung kommen. Es wird dieses leicht ersichtlich, wenn wir eine Stimmgabel mit constanter Amplitude schwingen lassen, wie dieses annähernd bei elektrisch schwingenden Stimmgabeln der Fall ist. Da ist nun schon nach den Gesetzen des Mitschwingens leicht einzusehen, dass 3 oder 4 Schwingungen einer tönenden Stimmgabel eine andere Wirkung auf das Gehörorgan ausüben werden, als 10 oder 20 Schwingungen derselben. Man kann nun dieses auch im Groben objectiv direct

1) Verhandlungen der deutschen otologischen Gesellschaft. Jena 1895.

illustriren mit Hilfe von gleichgestimmten Stimmgabeln, die auf Resonanzkästen sich befinden. Versetzt man nämlich die eine der beiden Stimmgabeln durch Anschlagen derselben in Schwingung, so tönt die andere bekanntlich nach den Gesetzen des Mitschwingens mit. Jenachdem man nun die angeschlagene Stimmgabel unmittelbar nach dem Anschlagen dämpft oder längere Zeit nachschwingen lässt, schwingt die andere kaum hörbar oder sehr intensiv mit.

Dazu kommt nun noch ein anderes wichtiges Moment hinzu, dass nämlich das Schallquantum für verschieden hohe Töne in gleichen Zeiteinheiten ganz erheblich differirt. Während z. B. in einem Schalle in der Tonlage der kleinen Octave von beispielsweise $\frac{1}{20}$ Secunde Dauer ca. 6 oder höchsten 20 Schallwellen zur Wirkung kommen, beträgt die Anzahl derselben in der 4 gestrichenen Octave schon 106 oder 198 Schwingungen in $\frac{1}{20}$ Secunde, und in den höheren Octaven noch erheblich mehr.

In diesen beiden Momenten, einmal in dem Schallquantum überhaupt, wie in dem Umstande, dass dasselbe für verschieden hohe Töne in gleichen Zeiteinheiten ein verschiedenes ist, haben wir eine weitere Erklärung dafür, dass Individuen noch einzelne Laute des Alphabets oder einzelne Geräusche relativ gut hören, während sie ein schlechtes Hörvermögen für die Sprache besitzen. Denn jedes gesprochene Wort braucht eine gewisse Zeit, um als Ganzes wahrgenommen zu werden. In der Zeit besitzen wir aber gerade bei dem Schalle, da wir die Schwingungszahl der einzelnen Töne in der Secunde kennen, ein Maass für das in einer bestimmten Zeiteinheit zur Wirkung kommende Schallquantum.

Nun vertheilt sich die zur Wahrnehmung eines gesprochenen Wortes erforderliche Zeitdauer, resp. das während dieser Zeit bei einem bestimmten Expirationsdrucke erzeugte Schallquantum je nach der Qualität der Sprachlaute des betreffenden Wortes verschieden auf die einzelnen Laute und dementsprechend auch auf die schallanalysirenden und schallempfindenden Theile, und es wird eine gewisse Harmonie in dieser Beziehung bestehen müssen, wenn das Wort als Ganzes verstanden werden soll. Ist diese Harmonie durch pathologische Veränderungen gestört, so können wohl einzelne Sprachlaute oder auch einzelne Geräusche noch relativ gut gehört werden, während die Sprache selbst schlecht oder gar nicht verstanden wird.

Dass das Schallquantum beim Höracte eine Rolle spielt, kann

man schon einfach daraus ersehen, dass eine tönende Stimmgabel, c¹ z. B., bei schnellem Vorüberführen am Ohre nicht mehr gehört werden kann, während sie bei Einwirkungen von längerer Dauer auf das Ohr noch 15 und 20 Secunden lang gehört wird, und dass Schwerhörige, während sie langsam gesprochene Worte noch verstehen, dieselben Worte, mit derselben Intensität schnell gesprochen, wohl noch hören, aber nicht verstehen.

In diesen angeführten Thatsachen haben wir nun eine Reihe von Momenten, um auch die vorher erwähnte eigenthümliche Beobachtung Schwerhöriger Geräuschen gegenüber, die so häufig für die Nothwendigkeit eines besonderen Nervenendapparates zur Wahrnehmung der Geräusche ins Feld geführt worden ist, auch ohne die Annahme eines solchen zu erklären.

Berlin, den 6. Juni 1896.